

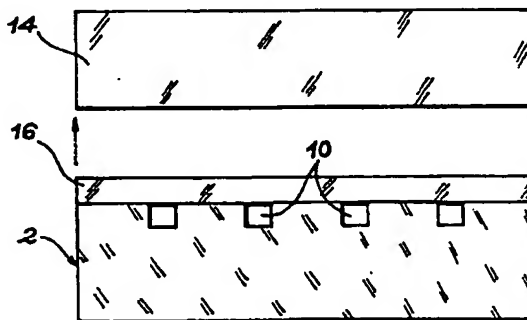


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

| | | |
|---|----|---|
| (51) Classification internationale des brevets ⁶ : H01L 21/58, 21/473, 21/48 | A1 | (11) Numéro de publication internationale: WO 95/20824 (43) Date de publication internationale: 3 août 1995 (03.08.95) |
| (21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR95/00078 (22) Date de dépôt international: 25 janvier 1995 (25.01.95) (30) Données relatives à la priorité: 94/00835 26 janvier 1994 (26.01.94) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75008 Paris (FR). (72) inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): BRUEL, Michel [FR/FR]; Presvert No. 9, F-38113 Veurey (FR). (74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR). | | (81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> |

(54) Title: CAVITY-CONTAINING STRUCTURE AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre: STRUCTURE PRESENTANT DES CAVITES ET PROCEDE DE REALISATION D'UNE TELLE STRUCTURE



(57) Abstract

A cavity-containing structure and a method for making same are disclosed. The method for making a structure comprising a substrate (2) and a thin surface wafer (12) made of non-conductive material secured to one side (1) of the substrate (2), said substrate (2) containing cavities (10) flush with said side (2), comprises the steps of etching cavities (10) into one side (1) of a substrate, said cavities having, in the surface plane of the substrate, at least one dimension which is a function of the thickness of the surface wafer, whereby said wafer is properly held in place; bonding a wafer (12) made of non-conductive material to the side (1) of the substrate (2); and reducing the thickness of the wafer (12) to provide said thin surface wafer.

(57) Abrégé

Ce procédé de réalisation d'une structure comportant un substrat (2), une tranche superficielle mince (12) en un matériau non-conducteur solidarisée sur une face (1) du substrat (2), ledit substrat (2) présentant des cavités (10) affleurantes à ladite face (2), le procédé comportant les étapes successives suivantes: gravure de cavités (10) dans une face (1) d'un substrat, les cavités présentant dans le plan de la face du substrat au moins une dimension fonction de l'épaisseur de la tranche superficielle, pour assurer un maintien correct de celle-ci, solidarisation d'une plaquette (12) de matériau non-conducteur sur la face (1) du substrat (2), amincissement de la plaquette (12) pour obtenir la tranche superficielle mince.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

| | | | | | |
|----|---------------------------|----|--|----|-----------------------|
| AT | Autriche | GB | Royaume-Uni | MR | Mauritanie |
| AU | Australie | GE | Géorgie | MW | Malawi |
| BB | Barbade | GN | Guinée | NE | Niger |
| BE | Belgique | GR | Grèce | NL | Pays-Bas |
| BF | Burkina Faso | HU | Hongrie | NO | Norvège |
| BG | Bulgarie | IE | Irlande | NZ | Nouvelle-Zélande |
| BJ | Bénin | IT | Italie | PL | Pologne |
| BR | Brésil | JP | Japon | PT | Portugal |
| BY | Bélarus | KE | Kenya | RO | Roumanie |
| CA | Canada | KG | Kirghizistan | RU | Fédération de Russie |
| CF | République centrafricaine | KP | République populaire démocratique de Corée | SD | Soudan |
| CG | Congo | KR | République de Corée | SE | Suède |
| CH | Suisse | KZ | Kazakhstan | SI | Slovénie |
| CI | Côte d'Ivoire | LI | Liechtenstein | SK | Slovaquie |
| CM | Cameroun | LK | Sri Lanka | SN | Sénégal |
| CN | Chine | LU | Luxembourg | TD | Tchad |
| CS | Tchécoslovaquie | LV | Lettonie | TG | Togo |
| CZ | République tchèque | MC | Monaco | TJ | Tadjikistan |
| DE | Allemagne | MD | République de Moldova | TT | Trinité-et-Tobago |
| DK | Danemark | MG | Madagascar | UA | Ukraine |
| ES | Espagne | ML | Mali | US | Etats-Unis d'Amérique |
| FI | Finlande | MN | Mongolie | UZ | Ouzbékistan |
| FR | France | | | VN | Viet Nam |

STRUCTURE PRESENTANT DES CAVITES ET PROCEDE DE
REALISATION D'UNE TELLE STRUCTURE

DESCRIPTION

5

Domaine technique

La présente invention a pour objet une structure comportant un substrat apte à supporter une tranche superficielle en un matériau non-conducteur
10 pour la réalisation éventuelle de circuits intégrés et des cavités internes disposées sous la tranche superficielle dans le substrat, ainsi qu'un procédé de réalisation d'une telle structure.

L'invention s'applique en général aux domaines
15 de la microélectronique et en particulier aux dispositifs de microélectronique nécessitant une bonne dissipation thermique.

Etat de la technique antérieure

20 Des structures comportant des cavités internes sont connues en microélectronique, notamment pour leur propriété de dissipation thermique. Le document (1) "Formation of Silicon Reentrant Cavity Heat Sinks Using Anisotropic Etching and Direct Wafer Bonding" de Ajay
25 Goyal et al., IEEE Electron Device Letters, vol. 14, n°1, Janvier 1993, en donne une illustration.

Ce document révèle une structure en deux parties. Une première partie sert de substrat pour la réalisation de circuits intégrés, par exemple. Elle est
30 solidarisée sur une seconde partie dans laquelle sont gravées des cavités. Ce document suggère aussi l'utilisation d'un fluide de refroidissement à l'intérieur des cavités. Les cavités permettent, par exemple, de retenir des vapeurs du fluide de
35 refroidissement et confèrent à la structure la

propriété d'absorber d'importantes excursions thermiques du ou des circuits intégrés de la première partie.

De façon générale, dans de telles structures, et pour des raisons technologiques de fabrication essentiellement, la première partie, portant les circuits intégrés est relativement épaisse.

L'épaisseur de cette partie constitue d'ailleurs une des principales limitations de l'efficacité de la dissipation thermique par les cavités, car la chaleur produite doit traverser cette épaisseur avant de parvenir à la seconde partie comportant les cavités.

Un but de la présente invention est justement la réalisation de structures en deux parties où la première partie comportant éventuellement des circuits intégrés est très fine et où la seconde partie est pourvue de cavités.

Le fait de disposer d'une première partie fine permet d'envisager pour les structures des applications diverses où les cavités peuvent aussi remplir des fonctions autres que celle de la dissipation thermique. Il est, par exemple, possible, en pratiquant des ouvertures dans la première partie fine, de réaliser dans les cavités de la seconde partie d'autres opérations technologiques telles que des dépôts métalliques pour réaliser des connexions et/ou des électrodes ou des opérations permettant la réalisation d'éléments divers.

30

Exposé de l'invention

Pour augmenter l'efficacité de la dissipation thermique des structures en deux parties évoquées dans ce qui précède et/ou pour envisager des utilisations nouvelles de ces structures, l'invention a plus

35

précisément pour objet un procédé de réalisation d'une structure comportant un substrat, une tranche superficielle mince en un matériau non-conducteur solidarisée sur une face du substrat, ledit substrat
5 présentant des cavités affleurantes à ladite face, le procédé comportant les étapes successives suivantes :

- gravure de cavités dans une face d'un substrat, les cavités présentant dans le plan de la face du substrat au moins une dimension fonction de
10 l'épaisseur de la tranche superficielle, pour assurer un maintien correct de celle-ci,
- solidarisation d'une plaquette de matériau non-conducteur sur la face du substrat,
- amincissement de la plaquette pour obtenir la tranche
15 superficielle mince.

On entend par solidarisation toute opération entre le substrat et la plaquette permettant d'assurer une énergie de liaison suffisante entre ces deux éléments pour qu'ils ne se dissocient pas au cours des
20 opérations ultérieures.

On peut citer par exemple des opérations de traitements de surface permettant d'engendrer des liaisons interatomiques, des opérations de collage, etc.

25 Par ailleurs, on entend par couche non conductrice aussi bien une couche unique réalisée en matériau semi-conducteur ou en matériau isolant qu'un ensemble de sous-couches dont au moins une est réalisée en matériau semi-conducteur ou isolant.

30 Plusieurs variantes sont possibles pour l'amincissement de la plaquette. Il est possible tout d'abord de réduire l'épaisseur de la plaquette par des traitements d'abrasion mécanique ou chimique ou mécano-chimiques.

L'abrasion de la plaquette peut avoir lieu selon des procédés de rodage ou de polissage connus en soi. Le choix de la dimension des cavités en fonction de l'épaisseur de la tranche superficielle permet
5 notamment d'éviter des déformations de la plaquette et des irrégularités de l'amincissement, lors de l'abrasion.

Dans le cas de structures particulièrement fragiles, ou lorsqu'on veut obtenir une plaquette très
10 fine, les contraintes mécano-chimiques ou mécaniques de l'abrasion peuvent toutefois provoquer un décollement ou un déchirement de la plaquette. De plus, ce type d'abrasion ainsi que les abrasions chimiques peuvent provoquer des perçages de la plaquette du fait des
15 inhomogénéités d'attaque.

C'est pourquoi, selon un aspect particulier de l'invention, la plaquette de matériau non conducteur peut comporter une partie massive, une couche intermédiaire et un film mince superficiel. Ainsi, on
20 solidarise la plaquette sur le substrat avec le film mince venant sur ladite face du substrat et on amincit la plaquette en séparant le film mince de la partie massive à partir de la couche intermédiaire.

Pour séparer le film mince de la plaquette, il
25 est possible par exemple de cliver la plaquette avec un procédé de clivage selon un plan de clivage déterminé. On entend par clivage toute séparation préférentiellement selon un plan, en deux parties de la plaquette.

Ce procédé de clivage, particulièrement recommandé pour l'obtention de plaquettes ou de films homogènes et très minces, consiste à implanter par bombardement dans la plaquette des ions de gaz rare ou d'hydrogène pour former une fine couche de microbulles
35 gazeuses qui constitue ladite couche intermédiaire et

qui définit un plan de clivage séparant dans la plaquette la partie massive et le film mince. Ce film constitue après clivage la tranche superficielle mince de la structure de l'invention.

5 Le clivage a lieu simplement en échauffant la plaquette pour créer par un effet de pression dans les microbulles et de réarrangement cristallin, une séparation des deux parties.

Un tel procédé est décrit par exemple dans le
10 document (2) FR-2 681 472. Pour permettre le détachement de la partie superficielle mince sans la déchirer où la déformer, il faut, avant l'opération de clivage, comme le précise le document (2), mettre celle-ci en contact intime avec une structure de
15 maintien appelée "raidisseur".

Conformément à la présente invention, le substrat tient lieu de raidisseur. Avant de solidariser la plaquette sur le substrat, on soumet la plaquette à un bombardement, par exemple d'ions de gaz rare, pour y
20 former une couche de microbulles définissant une partie superficielle mince. Cette partie superficielle vient en contact avec la face du substrat.

De manière tout à fait surprenante, les cavités gravées dans le substrat de support n'empêchent pas le
25 maintien correct de la partie mince de la plaquette. L'invention part de la constatation que le principe de contact intime entre la plaquette à cliver et le substrat, peut être localement violé. Cette propriété est vérifiée lorsque les cavités présentent chacune
30 dans le plan de la face gravée du substrat au moins une dimension ℓ inférieure ou égale à une valeur maximale ℓ_0 fonction de l'épaisseur de la tranche superficielle que l'on veut obtenir.

On entend par dimension ℓ de la cavité, soit le
35 diamètre de celle-ci lorsqu'elle est de forme

cylindrique ou hémisphérique, soit une largeur ou une longueur. Dans un cas particulier où les cavités sont des tranchées, la dimension ℓ sera la largeur de ces tranchées.

5 Lorsque la plaquette est en silicium, ℓ_0 est choisie proportionnelle à l'épaisseur e_0 de la tranche superficielle avec $\ell_0 = 10e_0$. On vérifie donc $\ell \leq \ell_0 = 10e_0$.

 Selon un aspect de l'invention, la couche intermédiaire peut aussi être une couche chimiquement
10 attaquable, sélectivement par rapport au film mince et par rapport à la partie massive. La séparation du film mince et de la partie massive peut être effectuée en éliminant la couche intermédiaire par attaque chimique.

 A titre d'exemple, on peut former une plaquette
15 comportant un film mince de silicium séparé d'une partie massive par une couche intermédiaire d'oxyde de silicium, la couche d'oxyde de silicium pouvant être attaquée sélectivement par de l'acide fluorhydrique.

 Une telle plaquette peut par exemple être
20 réalisée par implantation d'oxygène dans un substrat de silicium puis par recuit à haute température du substrat pour former la couche intermédiaire d'oxyde de silicium.

 Pour une mise en oeuvre efficace et fiable de
25 l'invention, il convient de contrôler avec précision la largeur des cavités lors de l'opération de gravure de la face du substrat.

 La gravure des cavités peut être mise en oeuvre par tout procédé connu tel qu'avantageusement une
30 gravure sèche classique ou une technique laser comme décrite ci-dessous.

 Cette dernière gravure a lieu selon une technique alliant une attaque chimique anisotrope et un usinage par faisceau laser. Cette technique est basée
35 sur la différence de vitesse d'attaque des plans

cristallographiques $\langle 111 \rangle$ par rapport aux autres plans cristallographiques.

Selon cette technique, on détruit localement, selon les motifs des cavités à réaliser, les plans cristallographiques $\langle 111 \rangle$ par fusion locale de la couche à graver au moyen d'un faisceau laser. Dans un deuxième temps, un traitement chimique permet d'éliminer les zones attaquées par le faisceau laser, les plans $\langle 111 \rangle$ non détruits par le faisceau laser servant alors de "couche d'arrêt". Grâce à cette technique, il est possible d'obtenir des canaux dont on peut contrôler très précisément la largeur, la profondeur et l'emplacement.

Le document "Laser Machining and Anisotropic Etching of $\langle 111 \rangle$ Silicon for Applications in Microsystems" de M. Alavi et al. dans "Micro System Technologies 92", 3rd International Conference on Micro Electro, Opto, Mechanic Systems and Components, Berlin, Octobre 21-23, 1992, vde-verlag gmbh - Herbert Reichl, Berlin Offenbach, illustre cette technique de gravure

Brève description des figures

- les figures 1 et 2 sont des coupes schématiques d'un substrat et illustrent une opération de gravure de ce substrat selon l'invention,

- la figure 3 est une coupe schématique d'une plaquette en matériau non-conducteur dans laquelle est réalisée, par implantation, une couche de microbulles gazeuses,

- la figure 4 est une coupe schématique de la plaquette et du substrat et illustre le report de la plaquette sur le substrat,

- la figure 5 est une coupe schématique de la structure de l'invention et illustre une phase de clivage de la plaquette.

Exposé détaillé de modes de réalisation de l'invention

La première opération du procédé consiste à graver des cavités dans un substrat. Le substrat est par exemple une plaque de matériau semi-conducteur cylindrique.

Pour préparer cette gravure, on peut, à titre d'exemple comme l'illustre la figure 1, préparer une face 1 d'un substrat 2 au moyen d'un traitement préalable par faisceau laser. Dans l'exemple décrit, où le substrat 2 est en silicium, un masque 4, par exemple en oxyde de silicium ou en nitrure de silicium, permet de définir des zones 6 dite "zones fondues" dans lesquelles les plans cristallographiques $\langle 111 \rangle$ du substrat sont détruits par un faisceau laser 8.

Après ce premier traitement, le substrat 2 est soumis à une gravure chimique. Cette gravure met à profit la différence de la vitesse d'attaque des plans cristallographiques $\langle 111 \rangle$ par rapport aux autres plans. En l'occurrence, les plans cristallographiques $\langle 111 \rangle$ non détruits par le traitement laser, et entourant les zones fondues 6 servent de "couche d'arrêt" pour la gravure. Il est ainsi possible de former avec grande précision des cavités 10 dans le substrat 2, comme le montre la figure 2. D'autres procédés de gravure peuvent bien entendu convenir également pour la réalisation des cavités 10 du substrat 2.

La forme des cavités peut être très variable, toutefois, dans la réalisation représentée à la figure 2, les cavités 10 sont des tranchées s'étendant en longueur sur la face 1.

Les tranchées 10 peuvent avoir une longueur maximum L de l'ordre de grandeur du diamètre de la face 1 du substrat 2. La largeur des tranchées, mesurée perpendiculairement à leur longueur, dans le plan de la face 1, a conformément à l'invention, une valeur $l \leq l_0$ ou

ℓ_0 est proportionnelle à l'épaisseur de la tranche superficielle mince qui sera réalisée par la suite. On a par exemple $\ell_0=10\mu\text{m}$ et $\ell=8\mu\text{m}$. Ces valeurs conviennent par exemple pour une tranche superficielle d'une
5 épaisseur e_0 de 800 nm. Comme le montre la figure 2, les tranchées sont disposées selon un réseau ; Le pas P de ce réseau est par exemple de l'ordre de $200\mu\text{m}$. Pour des raisons de clarté, la figure 2 ne montre que quatre canaux. Pour un réseau comportant deux séries de canaux
10 orthogonaux, chaque série peut comporter de l'ordre de 500 canaux pour un substrat de l'ordre de 10 cm avec un pas de $200\mu\text{m}$.

Lorsque les cavités, ou les tranchées sont gravées, une plaquette 12 de matériau non-conducteur
15 est comme le montre la figure 4, solidarisée sur la face 1 du substrat 2. On prendra par exemple une plaquette de silicium monocristallin.

Cette plaquette doit ensuite être amincie pour obtenir une tranche superficielle mince.

20 L'amincissement de la plaquette 12 peut avoir lieu par exemple de façon mécanique par abrasion ou par polissage ou de façon mécanochimique ou chimique. Dans le cas de l'exemple décrit, l'amincissement a
25 avantageusement lieu par un clivage permettant d'obtenir la tranche superficielle mince. Lors de cette opération de clivage, le substrat 2 joue un rôle de raidisseur pour éviter le déchirement de la tranche mince. La solidarisation entre le substrat 8 et la
30 plaquette 12 est suffisamment solide pour que, malgré la présence des cavités 10, le maintien de la future tranche mince soit assuré.

Pour la solidarisation, une substance adhésive à la fois à la plaquette 12 et au substrat 2 peut convenir. La solidarisation peut, si on ne souhaite pas
35 l'utilisation d'une substance adhésive, être obtenu par

la préparation d'au moins une des surfaces à solidariser et par un traitement thermique assorti éventuellement d'un choix de pression pour favoriser les liaisons interatomiques entre le substrat 2 servant
5 de raidisseur et la plaquette 12.

Avant de solidariser la plaquette 12 sur le substrat 2, il convient de définir un plan de clivage qui sépare d'une part une partie massive 14 de la plaquette 12 et une tranche superficielle plus fine 16
10 qui constitue la future tranche mince.

Le plan de clivage est défini par une très fine couche 18 de microbulles de gaz hydrogène ou de gaz rare réalisée par implantation dans la plaquette 12.

A cet effet, et comme le montre la figure 3, on
15 bombarde une face 20 de la plaquette 12 avec des ions.

A titre d'exemple, on effectue une implantation de protons dans la plaquette 12 de silicium avec une énergie de 90 keV, ce qui permet de former la couche 18 à 800 nm de la face 20 de la plaquette 12, c'est-à-dire
20 l'épaisseur de la future tranche mince.

Quand la couche de microbulles est formée, on peut procéder à la solidarisation précédemment décrit, en mettant en contact la face 1 du substrat 2 et la face 20 de la plaquette 12. On obtient la structure
25 représentée à la figure 4.

Pour cliver cette structure, l'ensemble de la structure de la figure 4 subit un traitement thermique. Il est à noter que tous les traitements thermiques utilisés avant le clivage tels que le bombardement
30 ionique et un éventuel traitement de surface pour la solidarisation doivent être effectués à une température inférieure à celle du clivage. Le traitement thermique du clivage provoque par effet de pression et de réarrangement cristallin un clivage selon la couche de
35 microbulles 18. La partie massive 14 se sépare de la

tranche mince 16 qui constitue alors une tranche mince 16, solidaire du substrat 2.

La structure finalement obtenue présente donc en quelques sorte des tunnels constitués par les tranchées recouvertes par la tranche superficielle mince qui peut constituer un support pour la réalisation de circuits intégrés. Etant donné la très faible épaisseur de cette tranche, grâce à l'invention, il est possible par exemple de pratiquer des ouvertures à travers la tranche mince, qui débouchent dans les tranchées ou cavités. Le dépôt de couches métalliques à travers ces ouvertures puis la gravure de structures sur la tranche fine, que l'on peut positionner précisément par rapport aux tranchées grâce à la faible épaisseur de la tranche, offrent des perspectives de réalisation qui n'étaient pas possibles avec une plaquette ou une tranche épaisse.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une structure comportant un substrat (2), une tranche superficielle mince (12) en un matériau non-conducteur, solidarisée sur une face (1) du substrat (2), ledit substrat (2) présentant des cavités (10) affleurantes à ladite face (2), le procédé comportant les étapes successives suivantes :

- 10 - gravure de cavités (10) dans une face (1) d'un substrat, les cavités présentant dans le plan de la face du substrat au moins une dimension fonction de l'épaisseur de la tranche superficielle, pour assurer un maintien correct de celle-ci,
- 15 - solidarisation d'une plaquette (12) de matériau non-conducteur sur la face (1) du substrat (2),
- amincissement de la plaquette (12) pour obtenir la tranche superficielle mince.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la plaquette (12) comporte une partie massive (14), une couche intermédiaire et un film mince (16), en ce que la plaquette (12) est solidarisée sur la face (1) du substrat avec le film mince (16) venant sur ladite face (1), et en ce que l'amincissement de la plaquette est obtenu par séparation du film mince (16) de la partie massive (14) à partir de la couche intermédiaire.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche intermédiaire est une couche (18) de microbulles, séparant le film mince (16) et la partie massive, et obtenue par implantation préalable de gaz dans la plaquette, et la séparation du film mince est réalisée par clivage de la plaquette (12) selon un plan de clivage défini par la couche (18) de microbulles.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche intermédiaire est une couche attaquable chimiquement et en ce que la
5 séparation du film mince est réalisée par attaque chimique de la couche intermédiaire.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'amincissement de la plaquette (12) de matériau est obtenu par abrasion mécanique, chimique et/ou mécano-chimique d'une partie de la
10 plaquette.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'amincissement de la plaquette est obtenu par rodage.

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'amincissement de la plaquette (12) est obtenu par polissage de la plaquette.
15

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque cavité (10) présente dans le plan de la face (1) du substrat (2) au moins une
20 dimension ℓ inférieure ou égale à une valeur maximale ℓ_0 proportionnelle à l'épaisseur de la tranche superficielle.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la plaquette étant en silicium et présentant une épaisseur e_0 , on a $\ell_0 = 10 \cdot e_0$.
25

10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les cavités (10) sont des tranchées longitudinales.

11. Structure comportant un substrat (2) et une
30 tranche superficielle (16) en un matériau non-conducteur présentant une épaisseur e_0 , solidarisée sur une face (1) dudit substrat, caractérisée en ce que le substrat comporte des cavités affleurant à ladite face, et les cavités présentant dans le plan de la face (1)
35 du substrat de support au moins une dimension ℓ

inférieure ou égale à une valeur maximale ℓ_0 proportionnelle à l'épaisseur e_0 .

12. Structure selon la revendication 11, caractérisée en ce que la plaquette étant en silicium,
5 on a $\ell_0 = 10 \cdot e_0$.

1 / 2

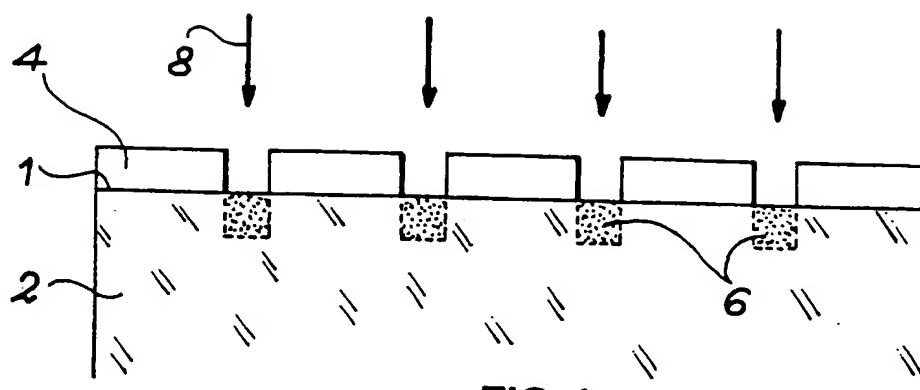


FIG. 1

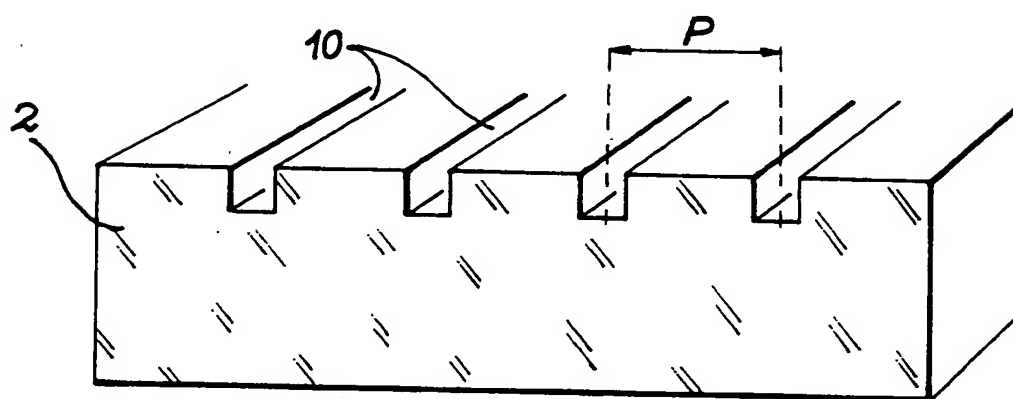


FIG. 2

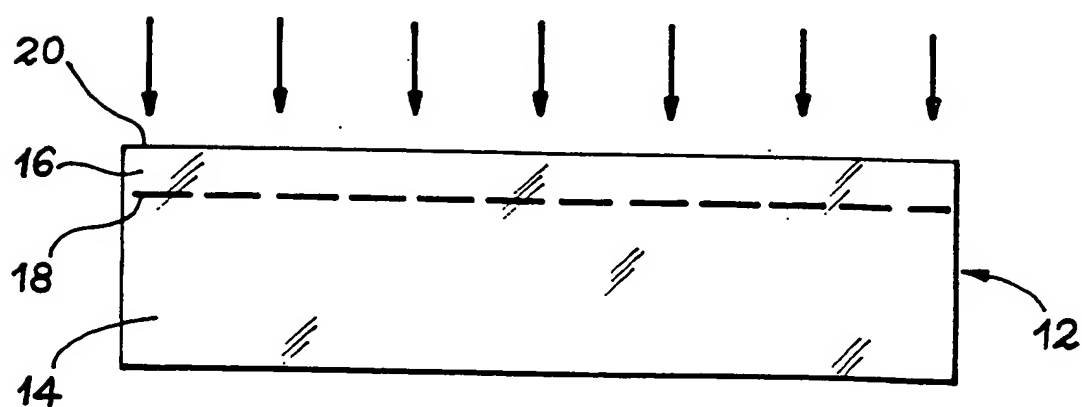


FIG. 3

FIG. 5

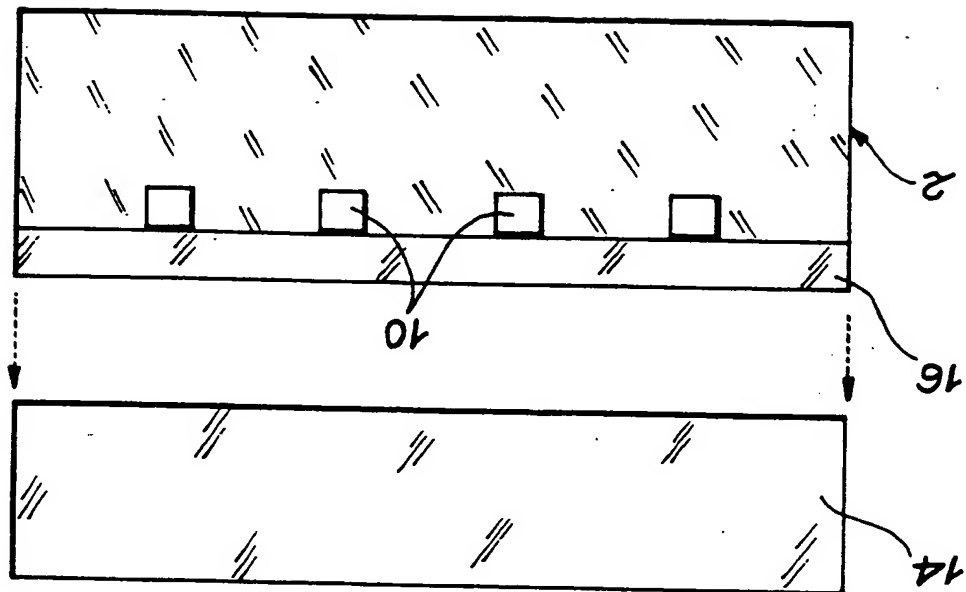
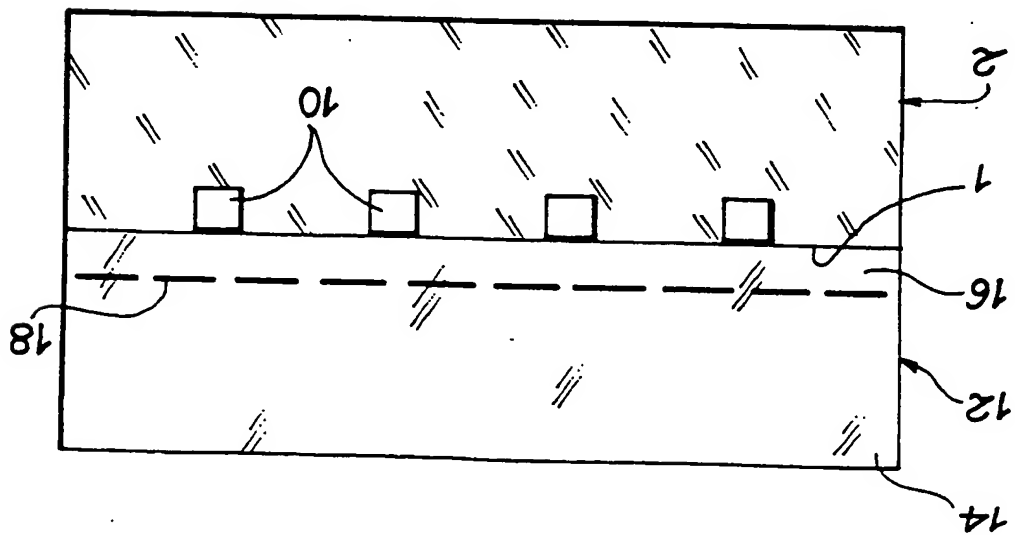


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/FR 95/00078A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L21/58 H01L21/473 H01L21/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | US,A,4 894 709 (PHILLIPS ET AL.) 16 January 1990 | 1-3 |
| A | see the whole document --- | 8-12 |
| Y | US,A,4 121 334 (WALLIS) 24 October 1978 see abstract; figures --- | 1-3 |
| Y | FR,A,2 681 472 (COMMISARIAT A ENERGIE ATOMIQUE) 19 March 1993 cited in the application see the whole document --- | 1-3 |
| A | WO,A,92 05575 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 2 April 1992 see the whole document --- | 1-7 |
| | --- -/-- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 1995

Date of mailing of the international search report

30.03.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk

Authorized officer

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 95/00078

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | WELDING AND METAL FABRICATION, vol.59, no.5, June 1991, HAYWARDS HEATH GB K.I. JOHNSON ET AL. 'Current and Future Trends in Microjoining' see the whole document ---- | 1-12 |
| A | IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS., vol.14, no.1, January 1993, NEW YORK US A. GOYAL ET AL. 'Formation of Silicon Reentrant Cavity Heat Sinks Using Anisotropic Etching and Direct Wafer Bonding' cited in the application see the whole document ---- | |
| A | US,A,5 070 040 (PANKOVE) 3 December 1991 ---- | |
| A | JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, vol.138, no.6, June 1991, MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE US pages 1706 - 1709 R. RAMESHAM ET AL. 'Fabrication of Microchannels in Synthetic Polycrystalline Diamond Thin Films for Heat Sinking Applications' ---- | |
| A | US,A,4 567 505 (PEASE ET AL.) 28 January 1986 ----- | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 95/00078

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H01L21/58 H01L21/473 H01L21/48

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| Y | US,A,4 894 709 (PHILLIPS ET AL.) 16 Janvier 1990 | 1-3 |
| A | voir le document en entier --- | 8-12 |
| Y | US,A,4 121 334 (WALLIS) 24 Octobre 1978 voir abrégé; figures --- | 1-3 |
| Y | FR,A,2 681 472 (COMMISARIAT A ENERGIE ATOMIQUE) 19 Mars 1993 cité dans la demande voir le document en entier --- | 1-3 |
| A | WO,A,92 05575 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 2 Avril 1992 voir le document en entier --- | 1-7 |
| | -/-- | |

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 Mars 1995

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30. 03. 95

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk

Fonctionnaire autorisé

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux nombres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 95/00078

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| US-A-4894709 | 16-01-90 | AUCUN | |
| US-A-4121334 | 24-10-78 | AUCUN | |
| FR-A-2681472 | 19-03-93 | EP-A- 0533551 | 24-03-93 |
| | | JP-A- 5211128 | 20-08-93 |
| | | US-A- 5374564 | 20-12-94 |
| WO-A-9205575 | 02-04-92 | EP-A- 0551323 | 21-07-93 |
| | | GB-A- 2264003 | 11-08-93 |
| | | JP-T- 6504877 | 02-06-94 |
| US-A-5070040 | 03-12-91 | US-A- 5146314 | 08-09-92 |
| US-A-4567505 | 28-01-86 | AUCUN | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/FR 95/00078

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US-A-4894709 | 16-01-90 | NONE | |
| US-A-4121334 | 24-10-78 | NONE | |
| FR-A-2681472 | 19-03-93 | EP-A- 0533551 | 24-03-93 |
| | | JP-A- 5211128 | 20-08-93 |
| | | US-A- 5374564 | 20-12-94 |
| WO-A-9205575 | 02-04-92 | EP-A- 0551323 | 21-07-93 |
| | | GB-A- 2264003 | 11-08-93 |
| | | JP-T- 6504877 | 02-06-94 |
| US-A-5070040 | 03-12-91 | US-A- 5146314 | 08-09-92 |
| US-A-4567505 | 28-01-86 | NONE | |